

UNTERSUCHUNG DES ZUSAMMENHANGES ZWISCHEN EINIGEN CHARAKTERISTIKA DES DONAUWASSERS

(DANUBIALIA HUNGARICA LXXX)

Von

E. V. KOZMA — J. NOSEK

Ungarische Donauforschungsstation, Göd

Eingegangen: 20. November, 1976

Eines der wichtigsten Charakteristika der natürlichen Gewässer ist ihr Salzgehalt (Halobität). Dies wird im ursprünglichen Zustand in entscheidender Weise von den geologischen Eigenschaften des Einzugsgebietes, von der Stromsohle bzw. vom Sediment bestimmt, aber auch anthropogenen Einflüssen kann hierbei in beträchtlichem Maße eine wichtige Rolle zufallen. Die Halobität der Gewässer stellt einen sehr wesentlichen ökologischen Faktor dar, doch ist ihre Kenntnis auch vom Gesichtspunkt der Wasserwirtschaft und des Wasserbaues wichtig. Zu ihrer Bestimmung wird am häufigsten die Messung der elektrischen Leitfähigkeit angewendet. „Bei den Gewässern, die hauptsächlich anorganische Stoffe enthalten, also beim Trinkwasser, ferner bei den meisten Oberflächenwässern sowie bei einigen Abwässern, kann die spezifische Leitfähigkeit als eine annähernde Angabe auf die Konzentration der mineralischen und organischen Elektrolyte betrachtet werden.“ (RGW — Norm)

Bei der Auswertung unserer Daten suchen wir darauf eine Antwort zu erhalten, was für ein Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und der sonstigen Eigenschaften des Wassers besteht. Im Rahmen der systematischen Donauforschung in Ungarn hat ähnliche Untersuchungen zwischen dem Wasserabfluß und dem Chlorid-Ionengehalt Zs. Dvihally durchgeführt (Dvihally 1963, 1970).

Zwischen V. 1974 — VI. 1975 haben wir wöchentlich durchgeführte Wasserproben aus der Donau bei Göd (Stromkm 1669) zur chemischen Analyse entnommen. — Im Laufe der Jahre 1974 und 1975 wurden von uns in Budapest und im Donauabschnitt unterhalb der Hauptstadt Budapest insgesamt 9mal chemische Untersuchungen (Stromkm 1654 — 1598) an neun Probeentnahmestellen vorgenommen. Im Laufe der Untersuchungen wurden folgende Bestimmungen durchgeführt: K^{++} , Na^{+} , Ca^{++} , Mg^{++} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{--} , Sauerstoffverbrauch von filtriertem und unfiltriertem Wasser, ferner haben wir auch die elektrische Leitfähigkeit der Wasserproben gemessen. (Der Sauerstoffverbrauch des

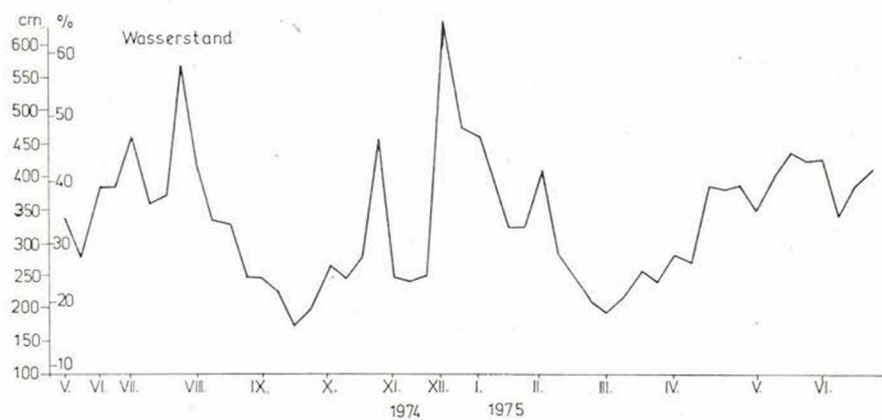
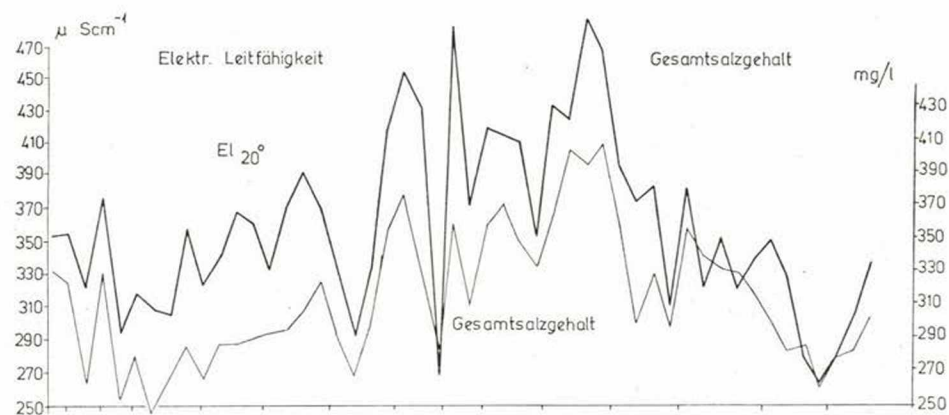
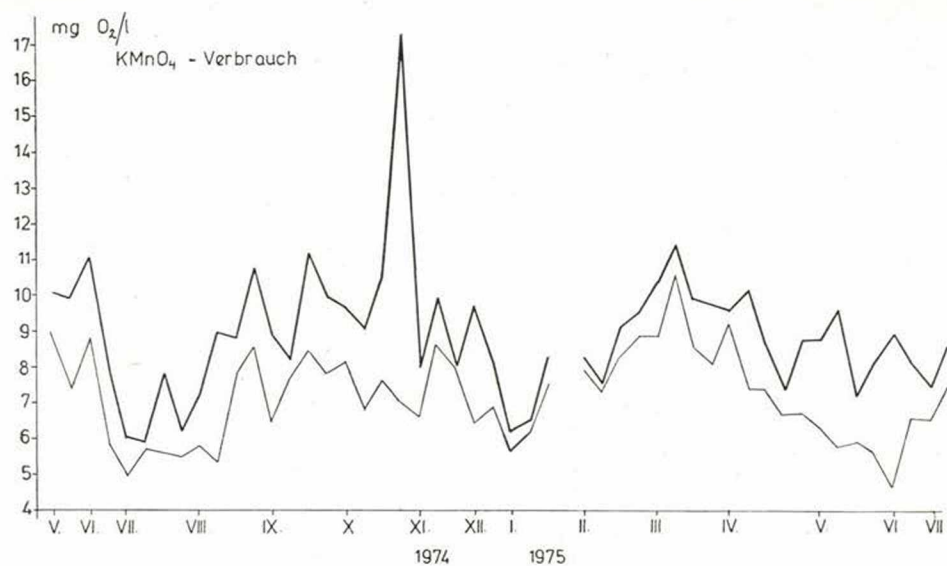


Abb. 1–2. Die Angaben der bei Stromkm 1669 gesammelten Proben

Tabelle I

Die Daten zwischen Stromkm 1654 – 1598

	EL ₂₀	Wasser- stand cm	Gesamtsalz- gehalt mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	°C	KMnO ₄ - Verbrauch mg O ₂ /l
1654 Stromkm							
14. V. 1974.	350	258	313,2	183,0	50,2	14,4	6,3
23. V.	322	284	298,6	176,9	50,8	15,0	6,3
28. VIII.	340	247	270,4	158,6	47,8	20,6	5,1
1. X.	372	254	299,3	174,5	49,0	13,0	8,1
19. III. 1975.	398	261	422,2	187,3	56,4	7,6	6,5
21. V.	312	431	265,8	150,7	38,7	17,2	5,6
25. VI.	280	410	284,2	151,9	42,0	19,0	5,0
16. IX.	376	284	340,2	198,9	50,2	17,6	5,5
13. XI.	470	120	405,3	231,8	63,8	7,3	7,4
1643 Stromkm							
14. V. 1974.	348	258	311,8	183,0	50,2	14,4	6,8
23. V.	340	284	301,0	176,9	49,1	15,0	6,4
28. VIII.	342	247	303,8	164,7	49,5	20,6	5,3
1. X.	375	254	311,9	175,7	49,0	13,0	6,6
19. III. 1975.	383	261	353,9	180,6	54,7	7,6	7,3
21. V.	311	431	280,6	151,9	38,7	17,2	5,0
25. VI.	289	410	254,9	145,2	38,8	19,0	5,2
16. IX.	390	284	349,4	195,2	50,2	17,6	6,5
13. XI.	450	120	433,0	237,0	63,8	7,3	7,5
1638 Stromkm							
14. V. 1974.	349	258	331,5	176,9	50,2	14,4	6,6
23. V.	349	284	298,0	170,8	50,8	15,0	6,9
28. VIII.	341	247	290,1	158,6	51,2	20,6	6,0
1. X.	355	254	325,0	173,3	52,4	13,0	11,7
19. III. 1975.	389	261	376,2	179,4	58,1	7,6	8,8
21. V.	320	431	296,7	154,4	41,3	17,2	5,5
25. VI.	300	410	257,3	147,6	40,4	19,0	6,1
13. XI.	495	120	424,7	231,8	66,9	7,3	8,1
1633 Stromkm							
14. V. 1974.	352	258	346,9	195,2	50,2	14,4	8,3
23. V.	339	284	305,9	176,9	50,8	15,0	6,1
19. III. 1975.	382	261	338,5	174,5	52,9	7,6	8,4
21. V.	312	431	286,0	150,7	40,0	17,2	5,0
25. VI.	298	410	261,8	145,2	42,0	19,0	5,8
16. IX.	380	284	345,7	191,0	50,2	17,6	5,4
13. XI.	490	120	412,6	220,2	65,4	7,3	8,0
1628 Stromkm							
14. V. 1974.	345	258	317,5	176,9	50,2	14,4	6,9
23. V.	341	284	298,1	176,9	49,1	15,0	6,9
28. VIII.	342	247	286,2	164,7	49,5	20,6	5,6
1. X.	360	254	354,9	179,4	50,7	13,0	9,2
19. III. 1975.	398	261	378,2	189,1	54,7	7,6	7,7
21. V.	312	431	270,6	148,3	38,7	17,2	5,2
25. VI.	279	410	257,0	249,5	40,4	19,0	5,2
13. XI.	480	120	402,0	220,2	65,4	7,3	7,4

	El-20	Wasser- stand cm	Gesamtsalz- gehalt mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Ca ++ mg/l	°C	KMnO ₄ ⁻ Verbrauch mg O ₂ /l
1623 Stromkm							
14. V. 1974.	340	258	326,8	183,0	48,9	14,4	6,6
23. V.	336	284	307,7	176,9	47,4	15,0	6,3
19. III. 1975.	402	261	390,7	191,0	54,7	7,6	6,9
21. V.	312	431	279,2	151,9	40,0	17,2	5,2
25. VI.	300	410	261,0	145,2	40,4	19,0	5,3
13. IX.	460	120	400,0	226,3	63,8	7,3	7,5
1618 Stromkm							
14. V. 1974.	350	258	316,3	176,9	48,9	14,4	7,2
23. V.	338	284	291,6	170,8	49,1	15,0	6,5
28. VIII.	340	247	301,7	164,7	46,1	20,6	6,9
1. X.	350	254	331,3	178,2	50,7	13,0	8,2
19. III. 1975.	398	261	363,4	186,1	56,4	7,6	7,3
21. V.	316	431	258,8	151,9	41,3	17,2	5,5
25. VI.	300	410	263,5	144,0	42,0	19,0	5,3
16. IX.	382	284	337,4	191,0	48,7	17,6	6,8
13. XI.	440	120	412,5	226,3	63,8	7,3	7,2
1608 Stromkm							
14. V. 1974.	328	258	308,5	176,9	48,9	14,4	6,6
23. V.	329	284	292,8	170,8	50,8	15,0	7,0
28. VIII.	341	247	305,7	164,7	46,1	20,6	7,7
1. X.	380	254	328,1	179,4	50,7	13,0	9,1
19. III. 1975.	405	261	362,6	189,7	58,1	7,6	7,3
21. V.	312	431	295,9	153,1	41,3	17,2	5,7
25. VI.	298	410	279,4	148,3	42,0	19,0	5,1
16. IX.	376	284	324,0	191,0	47,3	17,6	6,3
13. XI.	475	120	519,6	231,8	62,2	7,3	7,4
1598 Stromkm							
28. VIII. 1974.	341	247	293,5	164,7	47,8	20,6	6,2
1. X.	336	254	318,1	175,7	54,1	13,0	6,7
19. III. 1975.	395	261	357,2	187,3	58,1	7,6	8,1
21. V.	318	431	273,9	153,1	41,3	17,2	5,3
25. VI.	281	410	261,9	144,0	42,0	19,0	5,6
16. IX.	372	284	352,2	191,0	48,7	17,6	6,9
13. XI.	455	120	460,5	248,9	62,2	7,3	7,5

filtrierten Wassers verweist auf die Menge des gelösten organischen Stoffes, der Unterschied im Sauerstoffverbrauch zwischen dem filtrierten und unfiltrierten Wasser hingegen auf die Menge des geförmten organischen Stoffes). — Die Wasserstandswerte beziehen sich auf den Wasserpegel von Budapest. Der Wasserstand von 100 cm entspricht dem Wert 8,5‰, bei 300 cm-Wasserstand liegt dieser Wert bei 30‰, mit 500 cm bei 51,5‰.

Die Angaben der beim Stromkm 1669 eingesammelten Proben sind auf den graphischen Darstellungen 1–2, die Meßangaben zwischen den Stromkm 1654–1598 in Tab. I. veranschaulicht.

Schon auf Grund dieser können wir einige — nicht quantitative — Schlüsse ziehen, daß nämlich zwischen der Leitfähigkeit und dem Gesamtsalzgehalt eine enge Verbindung besteht, der Verlauf der Kurven ist ziemlich parallel. Die Änderungen des Wasserstandes und der Leitfähigkeit sind von entgegengesetzter Richtung. Die Erklärung dieses letzteren Zusammenhanges liegt darin, daß der hohe Wasserstand durch den auf das Einzugsgebiet heruntergefallenen elektrytarmen Niederschlag (Regen, Schnee) verursacht wird (Dvihally — Kozma 1964).

Die Korrelationskoeffizientenwerte zwischen den untersuchten Charakteristika sind in Tab. II — III. zu finden. Eine negative Korrelation haben wir zwischen dem Wasserstand und den sämtlichen anderen Charakteristika (Leitfähigkeit, Gesamtsalzgehalt, gelöster organischer Stoff) sowie dem gelösten und geformten organischen Stoffgehalt festgestellt.

Tabelle II

Korrelationskoeffizientenwerte bei Göd (Stromkm 1669)

	Gesamt-salzgehalt	Wasserstand	Gelöster organischer Stoffgehalt	Partikulärer organischer Stoffgehalt
Leitfähigkeit	0,841***	— 0,437**	0,461**	— 0,296*
Gesamtsalzgehalt		— 0,397**		
Wasserstand			— 0,616***	0,077
Gelöster organischer Stoffgehalt				— 0,314*

Signifikanzstufen: * = $p < 5\%$, ** = $p < 1\%$, *** = $p < 0,1\%$

Tabelle III

Korrelationskoeffizientenwerte zwischen Stromkm 1654 und 1598

Stromkm	n	Untersuchte Paare				
		Leitfähigkeit			Gesamt-salzgehalt	Gelöster organischer Stoffgehalt
		Gesamt-salzgehalt	Wasserstand	Gelöster organischer Stoffgehalt		
					Wasserstand	
1654	9	0,825**	— 0,868**	0,644	— 0,625	— 0,603
1643	9	0,972***	— 0,884**	0,841**	— 0,848**	— 0,791*
1638	8	0,945***	— 0,855*	0,820*	— 0,791*	— 0,720*
1633	7	0,957***	— 0,925**	0,567	— 0,946**	— 0,719
1628	8	0,926***	— 0,883**	0,562	— 0,819*	— 0,613
1623	6	0,956**	— 0,901*	0,912*	— 0,883*	— 0,980***
1618	9	0,978***	— 0,842**	0,589	— 0,889**	— 0,770*
1608	9	0,980***	— 0,831**	0,521	— 0,797**	— 0,673*
1598	7	0,943**	— 0,863*	0,825*	— 0,866*	— 0,768*

Signifikanzstufen: * = $p < 5\%$, ** = $p < 1\%$, *** = $p < 0,1\%$.
n = Stichprobenumfang

Tabelle IV

Lineare Regressionsgleichungen für die untersuchten Paare zwischen Stromkm 1654 und 1598

$$(y = a + bx)$$

Stromkm	Y						Gesamtsalzgehalt		Gelöster organischer Stoffgehalt	
	X		Gesamtsalzgehalt		Wasserstand		Gelöster organischer Stoffgehalt		Wasserstand	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1654	98,06	0,80**	505,6	- 0,52**	145,1	34,29*	430,8	- 0,38	8,13	- 0,007
1643	70,07	0,89***	487,7	- 0,46**	84,6	43,56**	456,6	- 0,47**	8,52	- 0,008*
1638	19,46	1,05***	508,6	- 0,52*	80,2	40,85*	446,6	- 0,43*	9,45	- 0,009
1633	- 42,09	1,24***	530,0	- 0,56**	199,5	24,60	459,7	- 0,45***	9,67	- 0,010
1628	16,09	1,06***	510,6	- 0,54**	191,8	24,44	444,3	- 0,44*	9,20	- 0,009
1623	24,68	1,02**	500,2	- 0,48*	- 28,8	61,46*	458,2	- 0,44*	8,59	- 0,008***
1618	80,35	0,86***	568,7	- 0,39**	167,3	28,04	452,5	- 0,47**	8,91	- 0,008*
1608	- 45,09	1,25***	501,6	- 0,49**	191,0	24,51	430,6	- 0,37**	9,34	- 0,009*
1598	87,89	0,94***	489,4	- 0,46*	47,8	46,72*	490,1	- 0,55*	8,69	- 0,007

Signifikanzstufen: * = $p < 5\%$, ** = $p < 1\%$, *** = $p < 0,1\%$

Eine enge Korrelation fanden wir zwischen der Leitfähigkeit und dem Gesamtsalzgehalt; zwischen dem Wasserstand und dem Gesamtsalzgehalt; ferner – in einem Teil der Fälle – zwischen Stoffgehalt.

Zwischen dem Wasserstand und dem geformten organischen Stoff sowie der Leitfähigkeit und dem gesamten organischen Stoffgehalt des Wassers gibt es keine Korrelation.

Im Zusammenhang damit soll bemerkt werden, daß wir bei den Bravaischen Korrelationskoeffizientenwerten unter 0,4 von einer schwachen, zwischen 0,4–0,7 einer mittelmäßigen, zwischen 0,7–0,9 einer engen und über 0,9 von einer sehr engen Korrelation sprechen. Ein positives Vorzeichen zeigt die gleiche Richtung der Änderungen, ein negatives hingegen die entgegengesetzte Richtung an (Sváb 1967).

Wo es sich auf Grund des zwischen den Veränderlichen vorhandenen Korrelationswertes lohnenswert zeigte, berechneten wir auch die Regressionsgleichungen (Tab. III). Die Kurven der Probeentnahmestellen bei Stromkm 1669 und 1643 werden in Abb. 3–12 veranschaulicht.

Tabelle V

Ergebnisse der Varianzanalyse

Leitfähigkeit

Variabilitätsursache	SQ	Fg	MQ
Zeit der Probeentnahme	193,48	8	24,18***
SQ-Rest	77,19	72	1,07
Insgesamt	270,67	80	

Gesamtsalzgehalt

Variabilitätsursache	SQ	Fg	MQ
Zeit der Probenahme	168,30	8	21,03***
SQ-Rest	15,32	72	0,21
Insgesamt	183,62	80	

Gelöste organischer Stoffgehalt

Variabilitätsursache	SQ	Fg	MQ
Zeit der Probenahme	66,67	8	8,33***
SQ-Rest	44,56	72	0,62
Insgesamt	111,23	80	

*** = $p < 0,1\%$

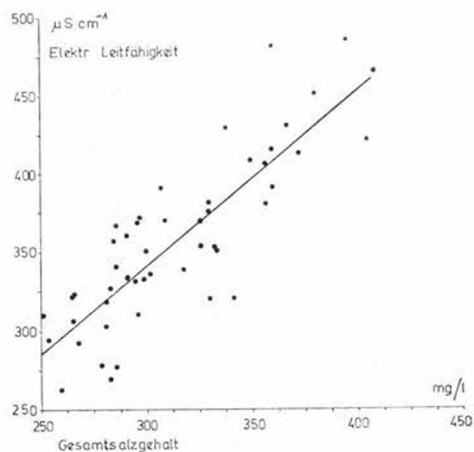
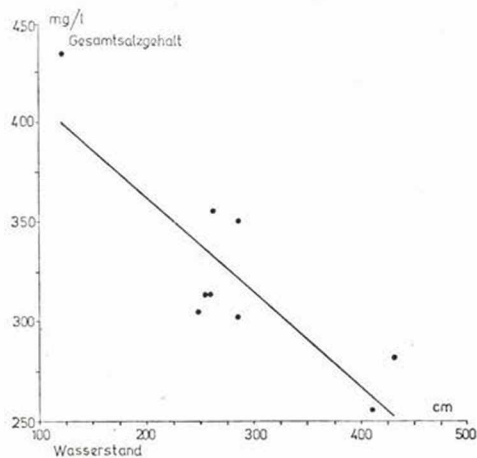
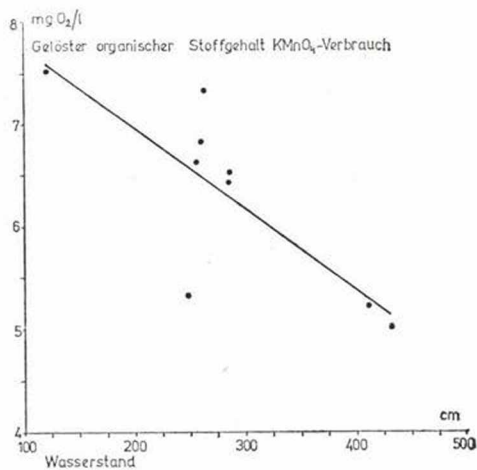
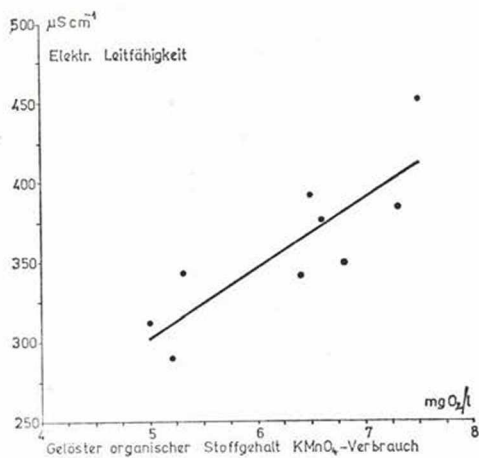
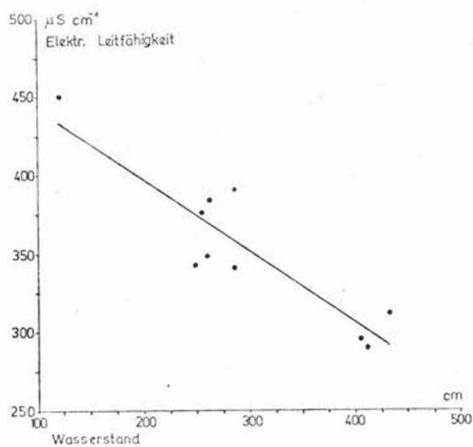
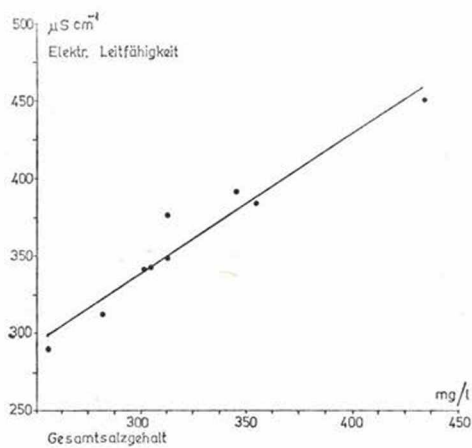


Abb. 3 – 8. Regressionskurven von Stromkm 1643.

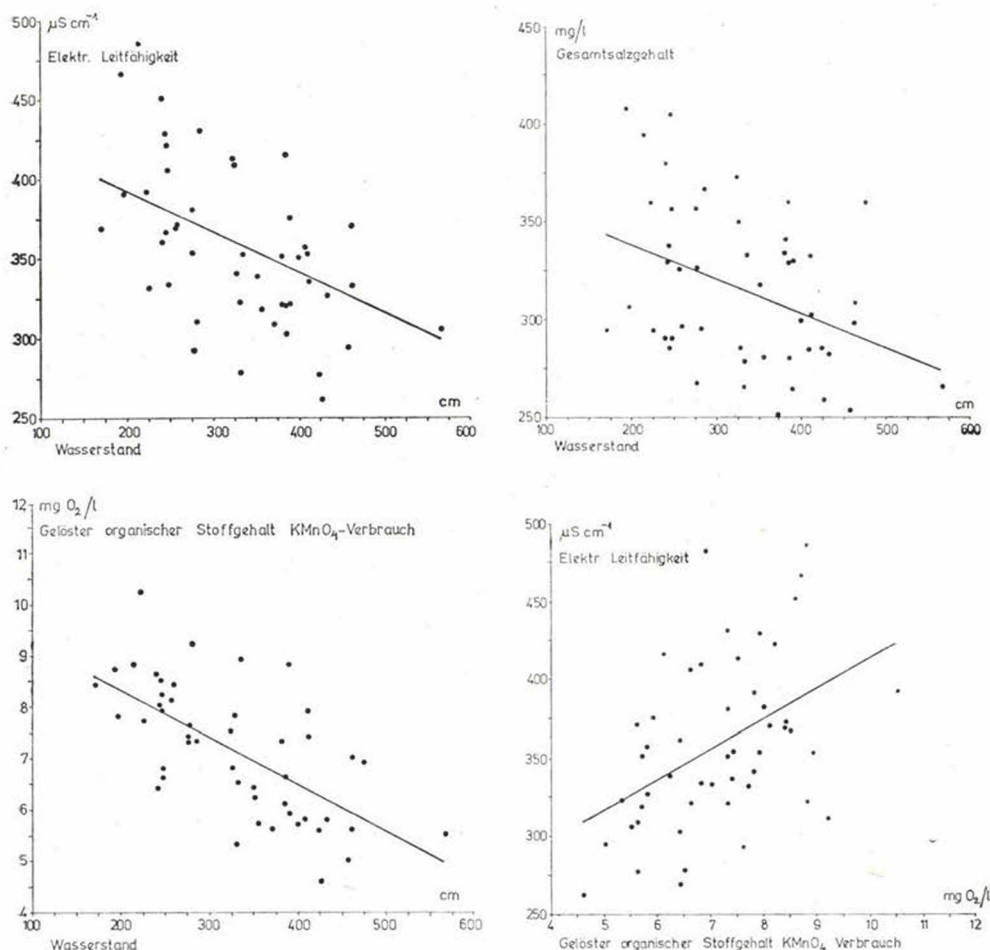


Abb. 9–12. Regressionskurven von Stromkm 1669.

Auf Grund der Ergebnisse der an den Probeentnahmestellen zwischen Stromkm 1654–1598 durchgeführten Varianzanalyse (ANOVA) haben die verschiedenen Entnahmestellen auf die Werte der Leitfähigkeit, des Gesamtsalzgehaltes und des gelösten organischen Stoffgehaltes keinen Einfluß ausgeübt, hingegen konnte ein sehr ausgeprägter Einfluß der Zeitpunkte der Probeentnahmen registriert werden (Tab. IV–VI).

Unsere Angabenreihen eignen sich zu einem sehr interessanten Vergleich, da die Daten der einen Untersuchungsserie an derselben Probeentnahmestelle, aus in der Nähe des Ufers geschöpften Wasserproben (Stromkm 1669), die Daten der anderen hingegen zwischen Stromkm 1654–1598 von 9 verschiedenen Stellen, aus dem Stromstrich gewonnen

wurden. Der Charakter der Korrelation war an beiden Stellen gleich, ihre Engtheit im Stromstrich jedoch ausgeprägter als im Uferwasser, z. B. betrug die Korrelation zwischen Leitfähigkeit und Wasserstand beim Stromkm 1633–0,925, beim Stromkm 1669 hingegen –0,437.

Den Ergebnissen der Varianzanalysen nach besteht im Stromstrich zwischen den einzelnen Probeentnahmestellen kein Unterschied. Dies ist deshalb überraschend, da sich die häuslichen und industriellen Abwässer von Groß-Budapest in diesem Abschnitt in die Donau ergießen. Die wahrscheinliche Erklärung der Erscheinung liegt darin, daß sich die Vermischung des Abwassers erst nach Hinterlegung einer längeren Strecke vollzieht. Diese Ergebnisse lenken unsere Aufmerksamkeit auf die Wichtigkeit der parallelen Untersuchungen im Stromstrich- und Uferbereich.

SCHRIFTTUM

- D v i h a l l y, T. Zs. 1963: Angaben zur Wertung der chemischen Verhältnisse des Donauwassers – Hidrológiai Közlöny, 3: 268–271.
- D v i h a l l y, S. T. 1970: Veränderungen der Wasserführung und der chemischen Verhältnisse der Donau 1964–1965 (Danubialia Hungarica LV) – Limnologica (Berlin) 7. 2: 391–396.
- D v i h a l l y, S. T., K o z m a, E. V. 1964: Jahresuntersuchung der chemischen Milieufaktoren des Donauwassers im Bereich der ungarischen Donauforschungsstation Alsógöd (Danubialia Hungarica XXI). – Arch. Hydrobiol. (Suppl. Donauforschung, XXVII I. 4: 365–380.
- S v á b J. 1967: Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban (Biometrische Methoden in der landwirtschaftlichen Forschung) – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 499.